

NORME
INTERNATIONALE

ISO
10780

Première édition
1994-11-15

**Émissions de sources fixes — Mesurage de
la vitesse et du débit-volume des courants
gazeux dans des conduites**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai) *Stationary source emissions — Measurement of velocity and volume
flowrate of gas streams in ducts*

ISO 10780:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/22302ecc-092b-4dd9-9c1c-3c6838dd848b/iso-10780-1994>



Numéro de référence
ISO 10780:1994(F)

Sommaire

	Page
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Définitions et symboles	2
4 Principe	2
5 Appareillage	2
6 Exigences environnementales	8
7 Mode opératoire d'essai	9
8 Calcul de la vitesse et du débit-volume	13
9 Précision	15
10 Rapport d'essai	15

Annexes

A Entretien des tubes de Pitot	16
B Détermination de la pression statique de la conduite à l'aide de tubes de Pitot	17
C Détermination du sens de l'écoulement à l'aide de tubes de Pitot	18
D Redressement de l'écoulement rotationnel	19

© ISO 1994

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 10780 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*, sous-comité SC 1, *Émissions de sources fixes*. [ISO 10780:1994](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/72302ecc-992b-4dd9-9c1c-3c6938d1848b/iso-10780:1994>
Les annexes A et B font partie intégrante de la présente Norme internationale. Les annexes C et D sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

Le sous-comité ISO/TC 146/SC 1 élabore des Normes internationales sur la détermination des concentrations en polluants présents dans des émissions de sources fixes. Pour le calcul du taux de l'émission, on doit mesurer le débit-volume du flux de gaz dans la conduite. La présente Norme internationale prescrit des méthodes pour la détermination de la vitesse et du débit-volume de flux de gaz dans les conduites et les cheminées. Elle est basée en grande partie sur l'ISO 3966:1977, l'ISO 4006:1977 et l'ISO 9096:1990. L'ISO 3966 et l'ISO 4006 prescrivent des méthodes pour le mesurage du flux des émissions de procédés dans des conduites fermées à l'aide de tubes de Pitot doubles, type L. L'ISO 9096 prescrit des méthodes permettant de mesurer la vitesse et le débit-masse lors du prélèvement de particules dans des flux de gaz dans des conduites et des cheminées. La présente Norme internationale se distingue de l'ISO 3966 et de l'ISO 4006 dans la mesure où elle autorise l'utilisation du tube de Pitot type S (dispositif auquel il n'est fait aucune référence dans l'ISO 3966) ainsi que du type L. Elle se distingue de l'ISO 9096 dans la mesure où elle fournit beaucoup plus de renseignements concernant la fabrication et l'utilisation des tubes de Pitot généralement utilisés pour mesurer la vitesse et le débit-volume de flux de gaz dans des conduites et des cheminées.

Émissions de sources fixes — Mesurage de la vitesse et du débit-volume des courants gazeux dans des conduites

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit des méthodes manuelles pour la détermination de la vitesse et du débit-volume de flux de gaz dans des conduites et des cheminées qui émettent dans l'atmosphère. Elle prescrit l'utilisation des deux types de tubes Pitot pour déterminer la vitesse et le débit-volume des courants gazeux, le type L et le type S, et elle préconise des conditions d'échantillonnage qui privilégient l'utilisation de tel ou tel type de tube de Pitot. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/22302ecc-092b-4dd9-9c1c-1c235a201430/iso-10780-1994>

L'emploi d'autres types de tubes de Pitot est autorisé aux termes de la présente Norme internationale à condition de satisfaire aux exigences de précision fixées dans l'article 10.

La présente Norme internationale est applicable à des flux de gaz dont la masse volumique, la température, le débit et la pression au niveau des points de prélèvement restent en grande partie constants. Elle s'applique à des situations où le nombre de Reynolds du flux de gaz tel qu'il s'écoule autour du tube de Pitot est supérieur à 1,2, où la pression différentielle en travers des orifices du tube de Pitot est supérieure à 5 Pa et où l'aire de la section transversale de la conduite au niveau du point de prélèvement est d'au moins 0,07 m². La présente Norme internationale traite de la technologie et de l'entretien des tubes de Pitot, du calcul de vitesses locales à partir de pressions différentielles mesurées et du calcul du débit-volume par intégration de la vitesse. Cela suppose que les mesurages sont effectués soit simultanément avec le prélèvement d'un échantillon de polluant, soit indépendamment du prélèvement proprement dit de l'échantillon; dans ce dernier cas, le but de l'essai pourrait être la sélection de l'emplacement d'échantillonnage pour le prélèvement d'un échantillon polluant ou l'étalonnage d'un débitmètre automatique

installé dans la conduite. De ce fait, la présente Norme internationale devrait convenir à la fois en tant que mesure primaire (vitesse et débit-volume) et en tant que mesure auxiliaire (sélection de la cadence d'échantillonnage pour l'échantillon polluant, calcul du débit du polluant, etc.).

Si certaines des exigences mentionnées dans la présente Norme internationale ne sont pas satisfaites, cette méthode peut toutefois s'appliquer dans certains cas spécifiques, mais l'incertitude concernant la vitesse et le débit-volume est alors plus grande.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 3966:1977, *Mesure du débit des fluides dans les conduites fermées — Méthode d'exploration du champ des vitesses au moyen de tubes de Pitot doubles.*

ISO 9096:1992, *Émissions de sources fixes — Détermination de la concentration et du débit-masse de matières particulaires dans des veines gazeuses — Méthode gravimétrique manuelle (Publiée actuellement en anglais seulement).*

3 Définitions et symboles

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions et symboles donnés dans l'ISO 9096 s'appliquent. Pour faciliter la tâche de l'utilisateur, ces symboles sont définis dans la présente Norme internationale là où ils sont employés pour la première fois.

4 Principe

Détermination, à l'aide d'un tube de Pitot, de la vitesse moyenne du flux de gaz afin de déterminer ensuite la charge de vitesse v à des emplacements choisis dans la section transversale de la conduite. Calcul du débit-volume q_v en multipliant l'aire de la section transversale par la vitesse moyenne de flux de gaz au niveau de cette section transversale.

La méthode consiste en

- la détermination des cotes de la conduite D au niveau de l'emplacement d'échantillonnage;
- la détermination du nombre n et de l'emplacement x des points de mesure dans la section transversale requise pour déterminer convenablement le profil de la vitesse;
- le mesurage de la pression différentielle Δp en travers des orifices de pression du tube de Pitot lorsque celui-ci est installé à ces points de prélèvement;
- la détermination de la vitesse à chaque point de prélèvement à partir de formules données, basées sur les mesures de pression différentielle; et
- le calcul du débit-volume à partir du produit de la vitesse moyenne et de l'aire de la section transversale.

5 Appareillage

5.1 Conception du tube de Pitot

Le tube de Pitot type L décrit dans l'ISO 3966 est recommandé lorsque le mesurage de la vitesse se fait avant et après le prélèvement de l'échantillon de polluant. Ce tube de Pitot est moins sensible aux erreurs de mauvais alignement de l'écoulement que le type S. Cependant, ses orifices de prise de pression peuvent se colmater dans certaines conditions d'échantillonnage. Son utilisation peut être difficile dans les cas de fortes concentrations en matières

particulaires ou en poussières. De plus, son insertion dans des conduites ou cheminées à paroi épaisse nécessite de larges ouvertures. Si le tube de Pitot type L et le gicleur d'échantillonnage sont trop proches l'un de l'autre, il y aura une influence sur les performances de chacun.

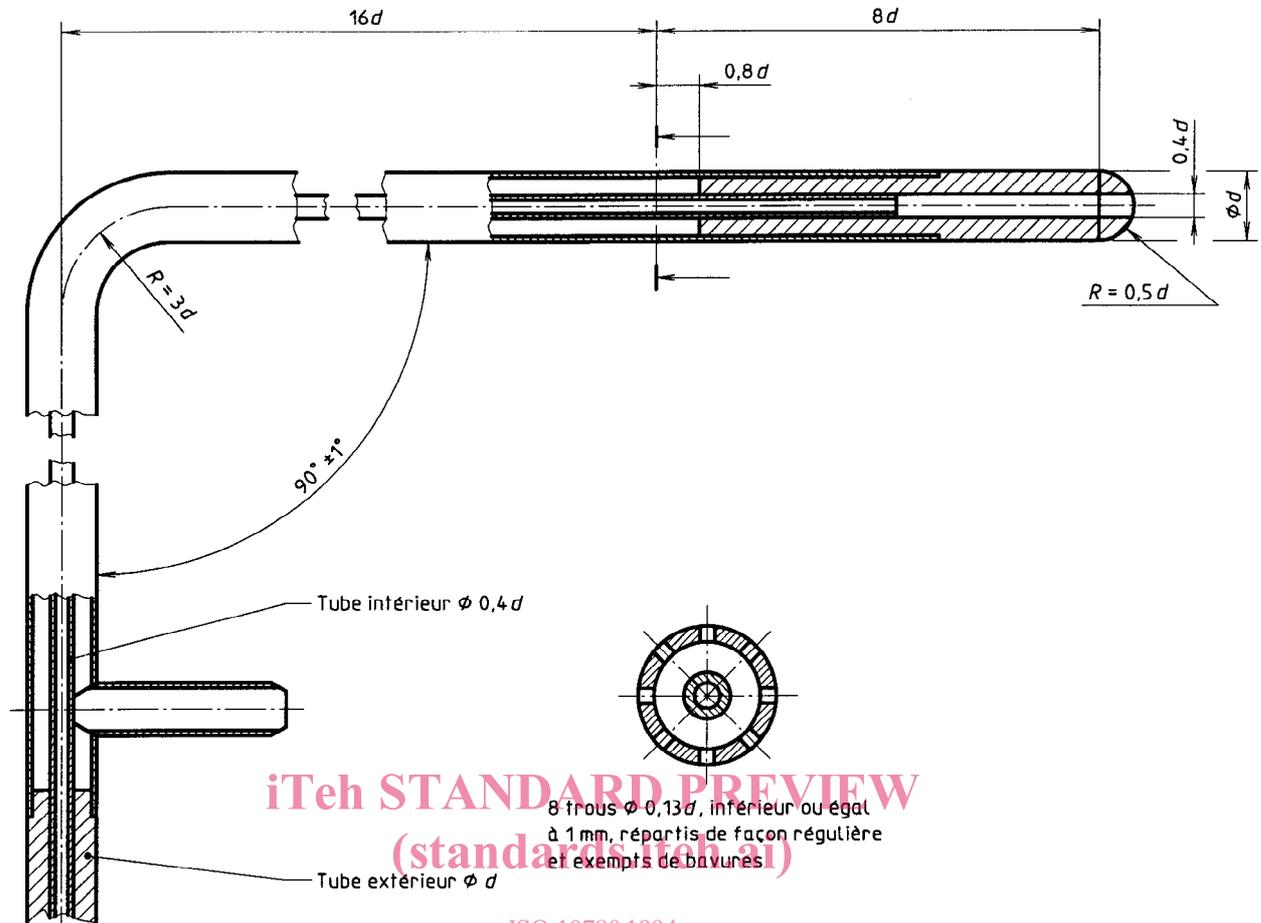
Le tube de Pitot type S peut être utilisé lorsque l'échantillon polluant est prélevé simultanément au mesurage de la vitesse. Il est également préférable de l'utiliser lorsque l'ouverture dans la paroi est petite, lorsque la paroi de la conduite est épaisse, lorsque les émissions de gaz contiennent de la poussière et lorsque les émissions de gaz renferment des aérosols tels que des gouttelettes d'eau et de l'acide sulfurique. Le tube de Pitot type S est beaucoup plus sensible aux erreurs d'alignement que le tube de Pitot type L, mais il est moins sensible aux interférences provoquées par le gicleur d'une sonde d'échantillonnage lorsque la distance séparant les bords du tube de Pitot du gicleur est d'au moins 1,9 cm. Le tube de Pitot peut être conçu de manière à diminuer sa sensibilité aux erreurs d'alignement.

5.1.1 Tube de Pitot type L

Ce tube de Pitot est parfois désigné sous le nom de tube de Pitot double normalisé et tube de Pitot de Prandtl. Ses spécifications de conception sont décrites en détail dans l'ISO 3966:1977, annexe A. La figure 1 montre un exemple d'un tube de Pitot type L. Les tubes de Pitot type L qui satisfont aux spécifications de conception décrites dans l'ISO 3966 répondent également à toutes les exigences de la présente Norme internationale. (Cependant, avant utilisation, le tube de Pitot doit être vérifié pour s'assurer qu'il est bien conforme aux spécifications de conception de la présente Norme internationale.)

Des tubes de Pitot type L ayant d'autres dimensions peuvent également satisfaire aux exigences de la présente Norme internationale s'ils sont étalonnés par rapport à un tube de Pitot double normalisé et utilisés conformément à la présente Norme internationale. Le tube de Pitot type L traité dans l'ISO 3966 consiste en une antenne cylindrique attachée perpendiculairement à une hampe. Il possède un facteur d'étalonnage K de $0,99 \pm 0,01$.

Dans une ou deux sections transversales le long de l'antenne, tout autour de la circonférence, sont percés des orifices de prise de pression statique permettant le transfert de la pression par l'antenne et la hampe jusqu'à un point situé en dehors de la conduite.



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

8 trous $\phi 0,13d$, inférieur ou égal
à 1 mm, répartis de façon régulière
et exempts de bavures

ISO 10780:1994

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/22302ecc-092b-4dd9-9c1c-3c683dd8430/iso-10780-1994>
Figure 1 — Exemple d'un tube de Pitot type L

Un tube plus petit, concentrique à l'antenne et à la hampe, transfère, jusqu'à un point situé en dehors de la conduite, la pression totale enregistrée au niveau d'un orifice situé face au sens de l'écoulement. Un index, fixé à l'extrémité de la hampe, facilite l'orientation de l'antenne lorsque celle-ci est cachée par la paroi de la conduite.

La tête de la sonde (y compris l'orifice de prise de pression locale) doit être conçue de manière qu'elle réponde aux exigences suivantes:

- a) La réponse de la pression différentielle à l'inclinaison de l'antenne par rapport à l'écoulement doit satisfaire à l'une des deux conditions suivantes (dans les deux cas, il est nécessaire de connaître la courbe de réponse du tube de Pitot):
- 1) si un alignement précis du tube de Pitot par rapport à l'axe de la conduite n'est pas possible, mais s'il n'existe pas de giration, la pression différentielle doit être aussi indépendante que possible de l'inclinaison de l'antenne en écoulement uniforme;

- 2) si un alignement précis du tube de Pitot par rapport à l'axe de la conduite est possible, mais s'il existe des girations, la variation de la pression différentielle enregistrée par le tube de Pitot en écoulement uniforme pour une inclinaison ρ doit être à peu près proportionnelle à $\cos^2 \rho$. Si l'alignement de l'antenne est parfaitement axial et si l'angle de giration est inférieur à $\pm 3^\circ$, la pression différentielle ne doit pas dévier de plus de 1 % par rapport à cette exigence.

NOTE 1 Un mauvais alignement et des girations peuvent coexister et il importe donc de chercher à les limiter.

- b) Les coefficients d'étalonnage, pour différents modèles de tubes de Pitot conformes à une spécification particulière, doivent être identiques à 1,0 % près et le rester pour toute la durée de service de ces tubes. En cas de doute de la part de l'utilisateur, un étalonnage individuel de chaque tube de Pitot doit être effectué.

c) Les orifices de prise de pression statique doivent être

- 1) de diamètre inférieur ou égal à 1,6 mm;
- 2) au moins au nombre de six et suffisants pour avoir un amortissement dans le circuit sous pression statique aussi égal que possible à celui qui existe dans le circuit sous pression totale; sur des tubes de Pitot d'un faible diamètre, les orifices peuvent être répartis dans deux plans;
- 3) exempts de bavures et d'un diamètre uniforme;
- 4) placés au moins à 6 diamètres d'antenne de la tête de la sonde;

5) placés au moins à 8 diamètres d'antenne de l'axe de la hampe.

5.1.2 Tube de Pitot type S

Le tube de Pitot type S est utilisé de façon très répandue pour contrôler les conduites parce qu'il convient bien pour la détermination de la vitesse au niveau du point de prélèvement et parce qu'il est solide, petit et facile à fabriquer. Ses spécifications de fabrication sont indiquées à la figure 2. Ce tube de Pitot est généralement réalisé à partir d'un tuyau métallique ayant un diamètre extérieur compris entre 4 mm et 10 mm. La distance séparant le socle de chaque jambe du tube de Pitot et le plan de son orifice (dimensions L_1 et L_2 à la figure 2) doit être égale pour chaque jambe. Cette distance ne doit pas être inférieure à 1,05 fois ni supérieure à 10,0 fois le diamètre extérieur du tuyau.

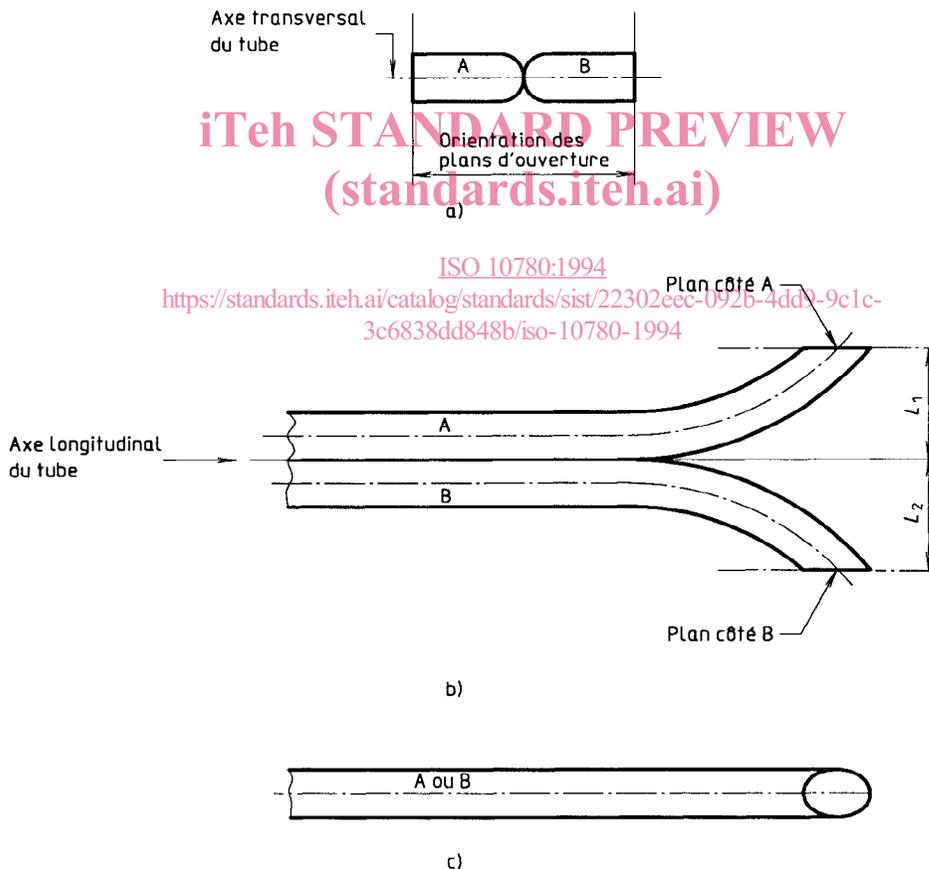
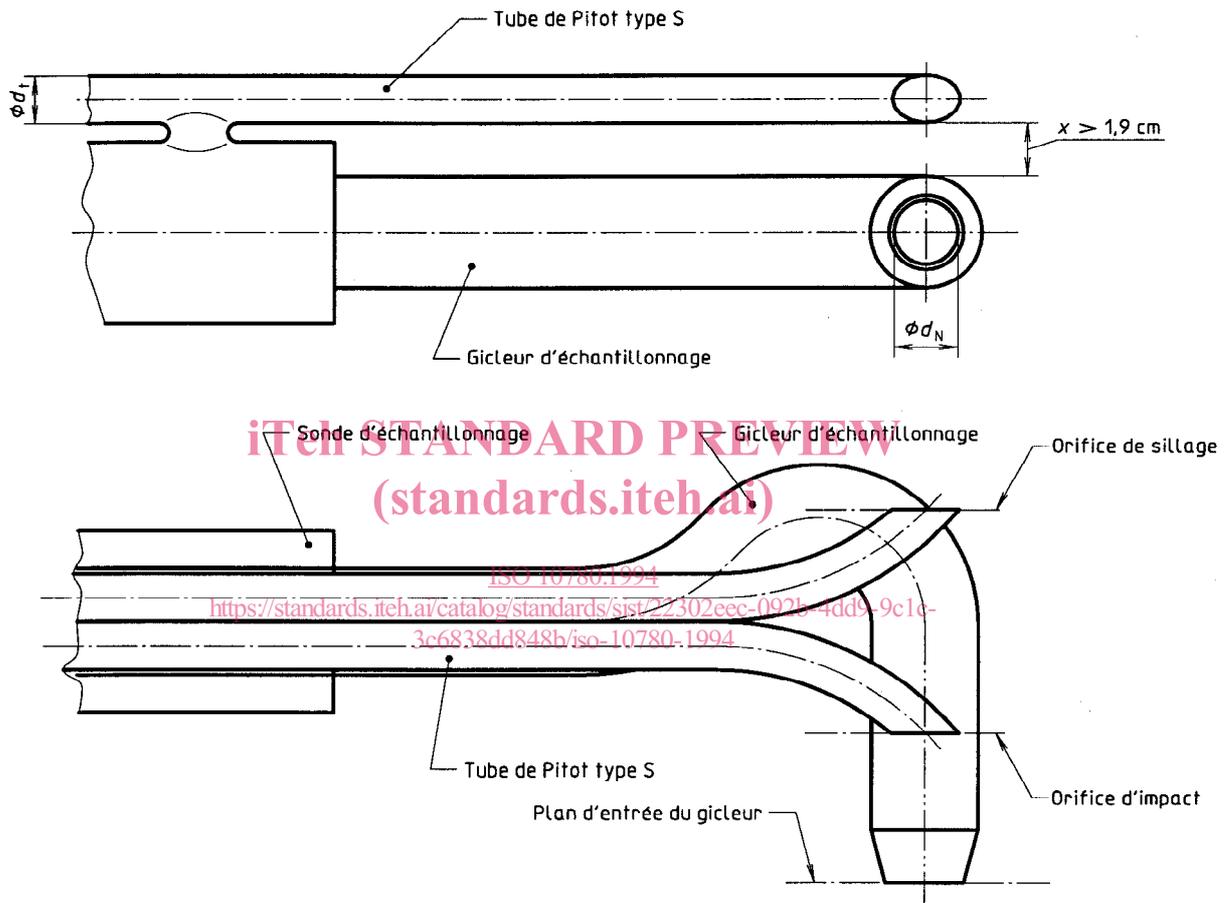


Figure 2 — Tube de Pitot type S correctement assemblé

Si ce tube de Pitot doit être utilisé sans qu'une sonde d'échantillonnage pour polluants y soit adaptée, il doit être étalonné par rapport à un tube de Pitot type L afin d'établir son coefficient d'étalonnage. Cependant, si les spécifications sont conformes à celles indiquées à la figure 2, on peut supposer un coefficient d'étalonnage K de $0,84 \pm 0,01$.

S'il est utilisé avec une sonde d'échantillonnage et si les distances entre le tube de Pitot, le thermocouple et le gicleur d'échantillonnage sont conformes à celles indiquées aux figures 3 et 4, on peut supposer un coefficient d'étalonnage K de 0,84. Si ces distances ne sont pas respectées, l'ensemble tube de Pitot/sonde d'échantillonnage doit être étalonné par rapport à un tube de Pitot type L, tel qu'il est décrit en 5.2.



d_N = diamètre du gicleur d'échantillonnage

d_t = diamètre du tube de Pitot type S

Figure 3 — Tube de Pitot type S: écartement du gicleur d'échantillonnage nécessaire pour éviter toute erreur de mesure de l'écoulement lorsque d_N est égal à 1,3 cm

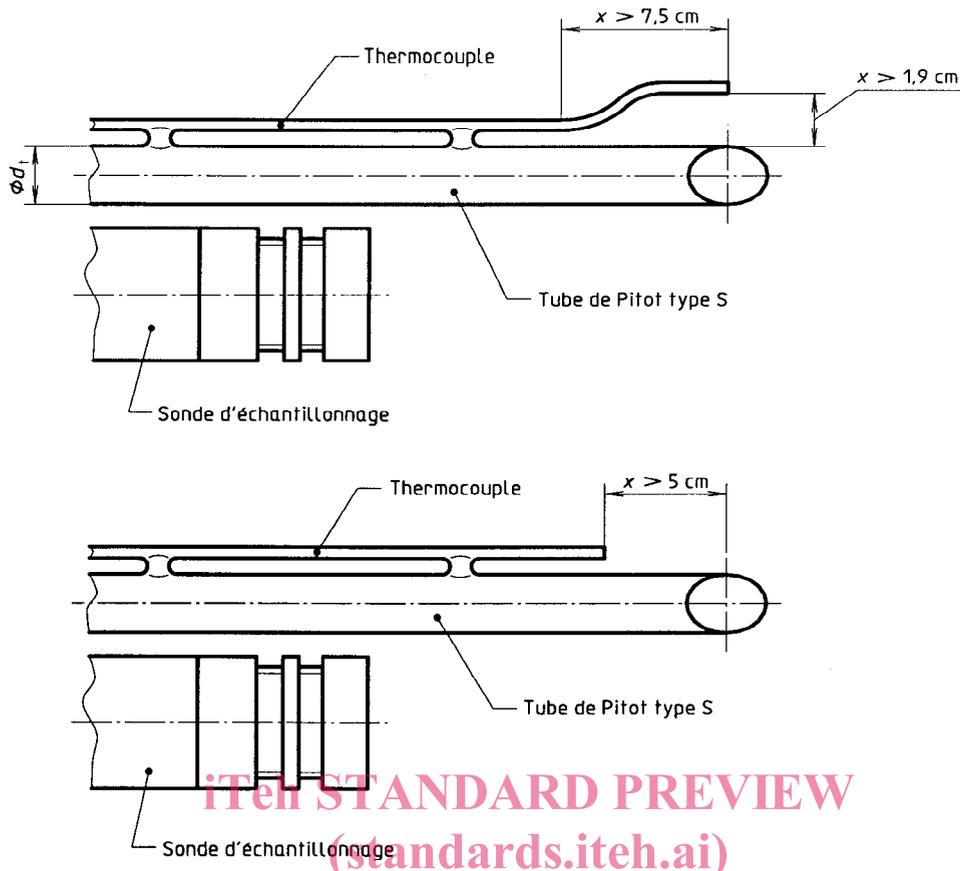


Figure 4 — Tube de Pitot type S: écartement du thermocouple nécessaire pour éviter toute erreur de mesure de l'écoulement

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/22562ecc-092b-4dd9-9c1c-3c6838dd848b/iso-10780-1994>

5.2 Étalonnage du tube de Pitot

Les tubes de Pitot type L ne répondant pas aux spécifications de conception de la présente Norme internationale doivent être étalonnés par rapport à un tube de Pitot conforme à l'ISO 3966.

5.2.1 Caractéristiques du système d'écoulement pour étalonnage

Le système d'écoulement doit être capable de générer une vitesse dans la section soumise à l'essai comprise entre 11 m/s et 18 m/s. Cette vitesse ne doit pas varier de plus de 1,0 % dans le temps afin d'assurer un écoulement permanent au cours de l'étalonnage du tube de Pitot. Les tubes de Pitot et les ensembles tubes de Pitot/sonde d'échantillonnage étalonnés dans cette plage de vitesse doivent être précis à 3 % près pour des vitesses comprises entre 5 m/s et 50 m/s. Si le tube de Pitot ou l'ensemble tube de Pitot/sonde d'échantillonnage est utilisé pour mesurer des vitesses inférieures à 5 m/s ou supérieures à 50 m/s, le tube de Pitot doit également être étalonné par rapport à ces autres vitesses.

La surface de projection (obstruction) du tube de Pitot ou de l'ensemble tube de Pitot/sonde d'échantillonnage ne doit pas dépasser 3 % de l'aire de la section transversale de la section soumise à l'essai dans le plan où s'effectue l'étalonnage.

5.2.2 Mode opératoire d'étalonnage

Un tube de Pitot type L préalablement certifié ou étalonné doit être utilisé en tant que tube de Pitot de référence. Le tube de Pitot doit être étalonné comme suit.

- S'assurer que le capteur de pression est correctement remis à zéro, mis à niveau, etc., et que les tuyaux raccordant le tube de Pitot au capteur de pression sont parfaitement étanches. Mettre en marche le ventilateur et laisser la vitesse se stabiliser dans la section soumise à l'essai.
- Introduire le tube de Pitot de référence dans la section soumise à l'essai de sorte qu'il soit distant d'une paroi intérieure quelconque d'au moins 8 cm. Rendre étanche l'orifice pour que l'air ne puisse pas s'échapper de la section soumise à

l'essai et mesurer la pression différentielle $\Delta p_{réf}$, en pascals ou en une unité équivalente. Noter cette valeur (essai n° 1) en utilisant le formulaire donné à la figure 5 ou un document équivalent.

- c) Retirer le tube de Pitot de référence et introduire le tube de Pitot à étalonner dans la section soumise à l'essai au même emplacement que le tube de Pitot de référence. Rendre étanche l'orifice comme avant et répéter l'étape b). Noter la pression différentielle Δp_{inc} dans le formulaire donné à la figure 5 (essai n° 1).
- d) Répéter les étapes b) et c) jusqu'à obtention de trois paires de lectures de pression différentielle Δp .

- e) Calculer K pour chaque paire de lectures de Δp à l'aide de l'équation (1) et déterminer le coefficient d'étalonnage moyen du tube de Pitot soumis à l'étalonnage. Si l'un quelconque des K individuels diffère du K moyen de plus de 0,02, l'étalonnage doit être répété ou bien le tube de Pitot doit être remplacé.

$$K_{inc} = K_{réf} \sqrt{\frac{\Delta p_{réf}}{\Delta p_{inc}}} \quad \dots (1)$$

Lors de l'étalonnage d'un tube de Pitot type S, comparer les coefficients d'étalonnage déterminés en premier lieu avec une jambe et puis l'autre jambe dirigée en aval. Utiliser ce tube de Pitot uniquement si les deux coefficients ne diffèrent pas de plus de 0,01.

Date	
Tube de Pitot	
Étalonné par	
Type de tube de Pitot	
Δp en unités de	

	Essai	$\Delta p_{réf}$	Δp_{inc}	$K_{réf}$	K_{inc}
Partie A	1				
	2				
	3				
Partie B ¹⁾	4				
	5				
	6				
NOTE — réf = référence; inc = inconnu.					
1) La partie B est utilisée pour les tubes de Pitot type S lorsqu'on procède à l'étalonnage des deux jambes du tube de Pitot.					

Figure 5 — Formulaire pour l'étalonnage de tubes de Pitot